

PRODUCTION OF PLATE SILICON CRYSTAL AND SOLAR CELL MANUFACTURE WITH THE PLATE CRYSTAL

Publication number: JP9315891

Publication date: 1997-12-09

Inventor: KAMIOKA MASATSUGU; YAMADA TORU

Applicant: SHINETSU CHEMICAL CO

Classification:

- **International:** *C30B13/00; C30B29/06; H01L21/208; H01L31/04; C30B13/00; C30B29/06; H01L21/02; H01L31/04; (IPC1-7): C30B29/06; C30B13/00; H01L21/208; H01L31/04*

- **European:**

Application number: JP19960154849 19960527

Priority number(s): JP19960154849 19960527

[Report a data error here](#)

Abstract of JP9315891

PROBLEM TO BE SOLVED: To produce a plate silicon crystal, particularly a high quality plate silicon crystal useful as a solar cell substrate material with high accuracy and high productivity and at a low cost. **SOLUTION:** This production comprises: forming a low-melting alloy layer on a substrate that functions as a supporting plate; also forming a filmy silicon layer on the alloy layer; further forming a filmy surface protective layer on the silicon layer; thereafter melting the silicon layer so as to form a molten zone; then, successively moving the molten zone to crystallize the silicon layer; and thereafter, maintaining the crystallized silicon layer at a temp. higher than the melting point of the low-melting alloy to separate the silicon layer from the substrate and to produce a plate silicon crystal. At this time, optionally, a single crystal to be used as the seed crystal is allowed to contact with one end of the initially formed molten zone. A solar cell can be manufactured with a plate silicon crystal produced by this production as the substrate material.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

特開平9-315891

(43) 公開日 平成9年(1997)12月9日

(51) Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 3 0 B 29/06	5 0 1		C 3 0 B 29/06	5 0 1 A
			13/00	
H 0 1 L 21/208			H 0 1 L 21/208	M
31/04			31/04	A

審査請求 未請求 請求項の数9 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-154849
 (22) 出願日 平成8年(1996)5月27日

(71) 出願人 000002060
 信越化学工業株式会社
 東京都千代田区大手町二丁目6番1号
 (72) 発明者 上岡 正嗣
 神奈川県川崎市高津区坂戸3丁目2番1号
 信越化学工業株式会社コーポレートリサーチセンター内
 (72) 発明者 山田 透
 神奈川県川崎市高津区坂戸3丁目2番1号
 信越化学工業株式会社コーポレートリサーチセンター内
 (74) 代理人 弁理士 好宮 幹夫

(54) 【発明の名称】 板状シリコン結晶の製造方法及びこの方法で製造された板状シリコン結晶を用いて作製される太陽電池

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 板状シリコン結晶、特に太陽電池用基板材料として有用な板状シリコン結晶を高品質、高精度かつ低コスト、高生産性で得ることを目的とする。

【解決手段】 支持板として機能する基板の上に低融点金属層を形成し、該金属層上にシリコン層、およびその上に表面保護層を成膜した後、該シリコン層をゾーン状に熔融し、この熔融帯を順次移行させてシリコン層を結晶化し、その後該シリコン結晶化層を低融点金属の融点より高い温度に保持することにより基板と分離して板状シリコン結晶を得る、ことを特徴とする板状シリコン結晶の製造方法。そしてこの場合、最初に形成する熔融帯の一端に種結晶となるシリコン単結晶を接してもよい。そして、本方法で製造された板状シリコン結晶を用いて太陽電池を作製する。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 支持板として機能する基板の上に低融点金属層を形成し、該金属層上にシリコン層、およびその上に表面保護層を成膜した後、該シリコン層をゾーン状に溶融し、この溶融帯を順次移行させてシリコン層を結晶化し、その後該シリコン結晶化層を低融点金属の融点より高い温度に保持することにより基板と分離して板状シリコン結晶を得る、ことを特徴とする板状シリコン結晶の製造方法。

【請求項2】 前記シリコンの溶融帯を順次移行させてシリコン層を結晶化する場合において、最初に形成する溶融帯の一端に種結晶となるシリコン単結晶を接する、ことを特徴とする請求項1に記載の板状シリコン結晶の製造方法。

【請求項3】 前記支持板として機能する基板を、石英、カーボン、 Si_3N_4 、 SiC 、 Mo 、 Ta 、 W とした、ことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の板状シリコン結晶の製造方法。

【請求項4】 前記低融点金属層を、 Sn 、 In 、 Zn 、 Al 、 Bi 、 Sb のうちの少なくとも一種とした、ことを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか一項に記載の板状シリコン結晶の製造方法。

【請求項5】 前記低融点金属層の膜厚を、 $5 \sim 50 \mu\text{m}$ とした、ことを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれか一項に記載の板状シリコン結晶の製造方法。

【請求項6】 前記シリコン層を成膜する際に、シリコン原料あるいは雰囲気ガス中あるいはその両面に、シリコンに対し n 型あるいは p 型の導電性を付与する元素を含ませて、製造される板状シリコン結晶の抵抗率を $0.1 \sim 10 \Omega\text{cm}$ となるようにその導電性および導電率を調整する、ことを特徴とする請求項1ないし請求項5のいずれか一項に記載の板状シリコン結晶の製造方法。

【請求項7】 製造する板状シリコン結晶の厚さを $10 \sim 500 \mu\text{m}$ とする、ことを特徴とする請求項1ないし請求項6のいずれか一項に記載の板状シリコン結晶の製造方法。

【請求項8】 前記表面保護層を SiO_2 、 Si_3N_4 のうちの少なくとも一種とすることを特徴とする請求項1ないし請求項7のいずれか一項に記載の板状シリコン結晶の製造方法。

【請求項9】 請求項1ないし請求項8の方法で製造された板状シリコン結晶を用いて作製される太陽電池。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は板状シリコン結晶、特に太陽電池用基板材料として有用な板状シリコン結晶の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来人類が利用しているエネルギー源は主として石炭、石油などの化石燃料であるが、これらは

将来枯渇の恐れがあるほか、地球温暖化など環境問題を背景にして、太陽エネルギーを直接電気エネルギーに変換する太陽光発電、すなわち太陽電池による発電が注目されている。中でもシリコン半導体を用いる太陽電池はその有効な手段として、これまで各国でその材料と製造方法について精力的な開発が進められている。しかし、今のところ太陽電池による電力価格は、従来の商用電力の価格に比べて非常に高いものしか得られておらず、このことがシリコン半導体を用いる太陽電池の普及、実用化への最大の障壁になっている。従って、より一層低価格のシリコン半導体太陽電池の開発が望まれている。

【0003】すなわちシリコンウエーハを、引上法（チョクラルスキー法）により製造したシリコン単結晶棒、あるいはキャスト法により製造したシリコン多結晶棒等の結晶棒からスライスして得ようとする、シリコン結晶棒の製造とスライスの製造に多大なコストが必要となる上、スライス工程ではシリコン棒の半分近くが切断ロスとなってしまうため歩留りが低く、普及、実用化には程遠いコストとなっている。一方結晶シリコンではなくアモルファスシリコン薄膜を利用する技術においては、材料コストは低いものの光電変換効率が高く、耐久性にも問題があり、電力用としての見通しが立っていない。従って、光電変換効率が高く、耐久性も良好な結晶シリコンで、低コストの太陽電池を作ることが出来れば、普及、実用化に大きく近づくことができる。

【0004】そこで、従来から太陽電池のコストの中に占める結晶基板のコストを低減するために、薄いリボン状ないしは板状のシリコンを製造する方法が研究提案されており、代表的な方法として、スリット状の開口部を有する治具を用い毛細管現象でシリコン融液を上昇させ、その上端部で結晶化させて板状結晶を育成するEFG（Edge-defined Film fed Growth）法や、シリコン融液を同じくスリット状開口部から直接引出し結晶化させるゴンパルスステップオフ法、あるいはこれらの変形として、シリコン融液を下方に引出す方法、またはシリコン融液表面を過冷却状態に保って治具を用いないで板状結晶を育成するデンドライト育成法、ないしWeib法等の方法が研究提案されている。

【0005】しかしながらこれらの方法は、いずれの方法においても板状シリコン結晶が成長する固液界面の温度を全域に渡って安定に保つことが困難であるため、厚さが一定の板状シリコン結晶を連続して安定に育成することは極めて困難であるという欠点を有する。

【0006】さらにまた、治具を用いる方法ではシリコン融液と治具材料との化学的反応による治具表面層の変質と形状変化が生じること、治具材料からの汚染によってシリコンの純度が低下することが避けられず、このようなシリコン基板から太陽電池を作製しても、その特性は悪化し、光電変換効率の低いものとなる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、このような問題点に鑑みなされたもので、板状シリコン結晶、特に太陽電池用基板材料として有用な板状シリコン結晶を高品質、高精度かつ低コスト、高生産性で得ることを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するため、本発明の請求項 1 に記載した発明は、板状シリコン結晶の製造方法であって、支持板として機能する基板の上に低融点金属層を形成し、該金属層上にシリコン層、およびその上に表面保護層を成膜した後、該シリコン層をゾーン状に溶融し、この溶融帯を順次移行させてシリコン層を結晶化し、その後該シリコン結晶化層を低融点金属の融点より高い温度に保持することにより基板と分離して板状シリコン結晶を得ることを特徴とする。

【0009】このようにシリコン層をゾーン状に溶融し、その溶融帯を順次移行させて結晶化する方法によれば、大面積のシリコン層を容易にかつ高速で結晶化することができる。また、結晶化したシリコン層を低融点金属の融点より高い温度に保持することにより、当該金属層は液体状態となっており、容易にシリコン結晶化層を基板と分離することができる。所望の板状シリコン結晶を得ることができる。しかも本法においては、用いられる基板はシリコン層のゾーン溶融に耐えるべく高融点材料が要求されるが、このような比較的高価な基板を破壊することなく、この基板はエッチング、洗浄等の簡単な処理を施すことによって、再利用に供することができるので、一層コストの低減を図ることができる。

【0010】また、本発明の請求項 2 に記載した発明は、請求項 1 に記載の板状シリコン結晶の製造方法であって、前記シリコンの溶融帯を順次移行させてシリコン層を結晶化する場合において、最初に形成する溶融帯の一端に種結晶となるシリコン単結晶を接することを特徴とする。

【0011】このように、最初に形成する溶融帯の一端に種結晶となるシリコン単結晶を接した後、溶融帯を順次移行させることによって、生成するシリコン結晶化層を種結晶と同様な方位を有する単結晶あるいは少なくとも高配向のものとすることができる。

【0012】そして、上記本発明の板状シリコン結晶の製造方法においては、支持板として機能する基板を、シリコン層のゾーン溶融に耐えるべく、石英、カーボン、 Si_3N_4 、 SiC 、 Mo 、 Ta 、 W などの好ましい（請求項 3）、また低融点金属層を、 Sn 、 In 、 Zn 、 Al 、 Bi 、 Sb のうちの少なくとも一種とするのが好ましい（請求項 4）。また、この低融点金属層の膜厚は、結晶化シリコン層と基板との分離を容易にするために、 $5\sim 50\mu\text{m}$ とするのが望ましい（請求項 5）。

【0013】次に、生成する板状シリコン結晶を太陽電

池、その他のデバイスの材料として用いるには、電気特性および厚さを調整しなければならないので、これにはシリコン層を成膜する際に、シリコン原料あるいは雰囲気ガス中あるいはその両者に、シリコンに対し n 型あるいは p 型の導電性を付与する元素を含ませて、製造される板状シリコン結晶の抵抗率を $0.1\sim 10\Omega\text{cm}$ とするようにその導電性および導電率を調整すればよい（請求項 6）、板状シリコン結晶の厚さは $10\sim 500\mu\text{m}$ とすればよい（請求項 7）。さらに、表面保護層としては、容易に形成できシリコン層の結晶化をスムーズにできることから、 SiO_2 、 Si_3N_4 のうち少なくとも一種とすることが好ましい（請求項 8）。

【0014】そして、このような本発明の請求項 1 ないし請求項 8 の方法で製造された板状シリコン結晶を用いて太陽電池を作製すれば、低コスト、高効率のものとなる（請求項 9）。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明につき更に詳述する。本発明は、前記従来技術の欠点、問題点を克服し、経済的かつ安定した品質の板状シリコン結晶、特に板状シリコン単結晶の製造コストを大幅に低減することができる。新しい製造方法を提供するものである。以下、本発明の実施形態の一例を図面を参照しながら説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。ここで、図 1 は本発明のシリコン層をゾーン状に溶融する場合の概略の説明図であり、図 2 は本発明の別の実施形態を示したもので、最初に形成する溶融帯の一端にシリコン単結晶を接し、ゾーン状に溶融する場合の概略の断面説明図である。

【0016】図 1 のように本発明の方法では、まず支持板として機能する基板 11 を準備し、この支持基板 11 上に低融点金属をコーティングし金属層 12 を形成するが、この支持基板 11 としては、その後のシリコン層の結晶化工程においてシリコンを溶融する温度に耐え得る高融点基板（シリコンの融点より高融点）とする必要があり、これには石英、カーボン、 Si_3N_4 、 SiC 、 Mo 、 Ta 、 W 等を使用することができる。

【0017】また低融点金属としては、シリコンより融点が十分に低い Sn 、 In 、 Zn 、 Al 、 Bi 、 Sb のうちのいずれかとすることができ、これらは単独でも、合金でも、あるいは二重にコーティングすることによってもよい。そして、この金属層の膜厚は、 $5\sim 50\mu\text{m}$ とされる。これは $5\mu\text{m}$ より薄くすると基板と生成シリコン結晶化層の一部で固着し、その分離が困難になることがあるからであり、また $50\mu\text{m}$ もあれば分離には十分であるとともに、無駄を防止するためである。したがって、金属層 12 の厚さは、好ましくは $10\sim 30\mu\text{m}$ とするのがよい。

【0018】また、支持基板 11 上に低融点金属層 12 をコーティングする方法としては、真空蒸着、CVD、

スパッタ成膜、イオンブレーティング等の一般の薄膜形成技術を用いることができるが、成膜速度の点から真空蒸着によるのが好ましい。

【0019】次に、本発明では、上記のようにして形成された低熔点金属層12の上にシリコン層21および表面保護層22を成膜する。これらの成膜には、CVD、プラズマ溶射、真空蒸着、スパッタ成膜、イオンブレーティング等の一般の薄膜形成技術を用いることができるが、成膜速度の点から常圧CVDによる成膜が好ましい。

【0020】そして、シリコン層21の厚さは、そのまま生成する板状シリコン結晶の厚さとなるので、所望の板状シリコン結晶の厚さに応じて、シリコン層21の厚さを決定すればよいが、板状シリコン結晶を太陽電池、あるいはその他のデバイスの材料として用いるには、これは10〜500 μ m厚、特に100〜300 μ m厚とすればよい。

【0021】また、生成する板状シリコン結晶を太陽電池、その他のデバイスの材料として用いるには、電気特性を調整しなければならないので、これにはシリコン層を成膜する際に、シリコンに対しn型あるいはp型の導電性を付与する元素を、予めシリコン原料に含ませておくか、あるいは雰囲気ガス中にこれらの元素を化合物の形（たとえばBzH₃、PH₃）で含有させることによって、製造される板状シリコン結晶の導電型や導電率を任意に制御することが可能である。そして、本発明においては、生成板状シリコン結晶から太陽電池を製作する場合、その抵抗率は0.1〜10 Ω cmとなるように調整される。

【0022】さらに、表面保護層22は、シリコン層21を結晶化する際に、加熱源23あるいは雰囲気からシリコン層21が汚染されるのを防止するとともに、シリコン層21の結晶化をスムーズに行うためのものである。このような表面保護層22としては、容易に形成でき、外部からの汚染に対しては防止効果の高いことからSiO₂、またはSi₃N₄とすればよく、これらを単独あるいは2重構造として用いてもよい。そして、このような表面保護層22の厚さとしては、1〜10 μ m、特に2〜5 μ mとすれば、汚染の防止に十分であるとともに、後工程でこの表面保護層22を除去する場合にも容易である。

【0023】次に、本発明では、上記のようにして成膜されたシリコン層21の一端をゾーン状に溶融して溶融帯を形成し、この溶融帯を他端に向けて順次移行させてシリコン層を結晶化させ、シリコン結晶化層を生成させる。

【0024】このようなゾーン状の溶融帯を形成するための加熱源（上部ヒータ）23としては、基板に近接して置かれた線状のカーボンヒータとすればよいが、カーボンセプタを用いた高周波加熱、ハロゲンランプ加

熱、レーザー加熱、電子ビーム加熱等によってもよい。

【0025】また、溶融帯を移行させるには、不図示の移動機構を、加熱源23および／または支持基板11の保持台（本実施形態では、下部ヒータ24が基板の保持台を兼ねている。）に設置すればよく、これらの相対的な移行速度と加熱源23に供給するパワーを調整することによって、溶融帯の移行速度、すなわちシリコン層21の結晶化速度を調整することができるとともに、生成したシリコン結晶の品質を調整することができる。

【0026】この場合、図2のように、最初に形成する溶融帯の一端に種結晶となるシリコン単結晶31を接した後、溶融帯を順次移行させることによって、生成するシリコン結晶化層を、用いた種結晶31と同様な方位を有する単結晶あるいは少なくとも高配向度のものですることができ。例えば、シリコン層21の一端に種結晶となるシリコン単結晶薄片31を接し、この接触線上を線状の加熱源23で加熱して、シリコン単結晶31とシリコン層21の接触点をゾーン状に溶融することによって最初の溶融帯を形成し、次いでこの溶融帯を順次シリコン層21方向に移行させ、単結晶側から固化させればよい。この場合、溶融帯の移行速度を遅くするほど、生成するシリコン結晶化層は単結晶となり易い。

【0027】そして、溶融帯をシリコン層の他端に移行するのが終了し、シリコン層21の結晶化が終了したなら、シリコン結晶化層を用いた低熔点金属の熔点より高い温度にまで冷却し、この温度範囲に保持する。この温度では、金属層12は液体状態となっているので、容易にシリコン結晶化層を基板11と分離することができ、所望の板状シリコン結晶を得ることができる。この場合、シリコン結晶化層を冷却中に前記温度範囲において素早く結晶化層と基板11を分離することも考えられるが、実際はゾーン溶融によって基板の温度は一様でないため、前記温度範囲に結晶化層を保持するため、下部ヒータ24を設けて、基板全体を一様に加熱出来るようにするのが望ましい。

【0028】こうして生成シリコン結晶化層と基板11は分離されるので、比較的高価な基板11を破壊することなく、この基板はエッチング、洗浄等の簡単な処理を施すことによって、再度本発明の支持基板11として用いることができ、基板コストの低減をも図ることができる。

【0029】最後に、得られたシリコン結晶基板の表面には、表面保護層22および低熔点金属が付着しているのを、これらを例えばフッ酸、あるいはフッ酸／硝酸混合液等でエッチング除去し、次いでアンモニア／過酸化水素水溶液で洗浄して、目的とする板状シリコン結晶を得ることができる。

【0030】

【実施例】以下、本発明の実施例をあげる。

（実施例1）まず、2.5mm角、1mm厚のSiC基板

を用意した。この基板上にSnを20 μ m真空蒸着し、次に常圧CVD装置によりシリコン層を220 μ m、その上にSiO₂表面保護層を2 μ m成膜した。シリコン層成膜の際の原料ガスは、SiHCl₃ (5vol%) / H₂を使用した。この雰囲気中にB₂H₆を添加し、成膜されたシリコン層が結晶化の後に、比抵抗が約1 Ω cmの値を示すようにした。

【0031】こうして出来たサンプルを、図1に示すようにチャンパー25内に配置されたパイロリティックグラファイト(PG)ノバイロリティックボロンナイトライド(PBN)からなる下部セラミックヒータ24の上に載置し、上部のカーボン製線状ヒータ23によって、シリコン層21の一端を溶融し、溶融帯を形成した。そして不図示の移動機構によって下部セラミックヒータ24をゆっくりと水平移動させ、ゾーン状の溶融帯を順次移行させてシリコン層21を結晶化した。

【0032】この場合、チャンパー25内は、真空または不活性ガスを流すことが出来るが、本実施例では0.1Paの真空中で行った。また、上部ヒータ23、下部ヒータ24の温度は、それぞれ2200℃、1300℃とした。また、上部ヒータ23とサンプルの表面との間隔は1mmとし、溶融帯の移行速度(下部ヒータの走査速度)は1mm/secとした。

【0033】シリコン層21の結晶化が終了したなら、上部ヒータ23の電源を切り、下部ヒータ24のパワーを調整して、サンプル温度を250℃まで降温し、その温度に保持した。その上で、液体Sn層上のシリコン結晶化層を取り出し、基板11と分離することで板状シリコン結晶とし、これをフッ酸に漬けてSiO₂表面保護層22およびSnを除去した。最後に80℃のアンモニア/過酸化水素水溶液で洗浄し、所望の板状シリコン結晶を得た。

【0034】(実施例2) 次に、実施例1と同様に25mm角、1mm厚のSiC基板を用意した。この基板上にInを20 μ m真空蒸着し、次に常圧CVD装置によりシリコン層を220 μ m、その上にSiO₂表面保護層を2 μ m成膜した。シリコン層成膜の際の原料ガスは、SiHCl₃ (5vol%) / H₂を使用した。この雰囲気中にB₂H₆を添加し、成膜されたシリコン層が結晶化の後に、比抵抗が約1 Ω cmの値を示すようにした。

【0035】こうして出来たサンプルを、図2に示すようにチャンパー内に配置されたPG/PBNからなる下部セラミックヒータ24の上に載置した。そしてこのようなサンプルの一端に種結晶となる線状の単結晶シリコン31を、シリコン層21の端部に接するように配置し、この接触線を上部のカーボン製線状ヒータ23によって加熱し、シリコン単結晶31とシリコン層21との接触点を線状に溶融し、溶融帯を形成した。そして不図示の移動機構によって下部セラミックヒータ24をゆ

くりと水平移動させ、ゾーン状の溶融帯を順次移行させてシリコン層21を結晶化した。

【0036】この場合、雰囲気ガス、ヒータ温度、上部ヒータとサンプル表面との間隔、溶融帯の移行速度等の他の条件は、実施例1と同様とした。

【0037】シリコン層21の結晶化が終了したなら、上部ヒータ23の電源を切り、下部ヒータ24のパワーを調整して、サンプル温度を220℃まで降温し、その温度に保持した。その上で、液体In層上のシリコン結晶化層を取り出し、基板11と分離することで板状シリコン結晶とし、これをフッ酸に漬けてSiO₂表面保護層22およびInを除去した。最後に80℃のアンモニア/過酸化水素水溶液で洗浄し、所望の板状シリコン結晶を得た。

【0038】(実施例3) 実施例1、実施例2で得られたP型の板状シリコン結晶を熱拡散炉を用いてリンを拡散させ、p-n接合を形成した後、熱酸化により酸化膜を形成した。このときの接合深さは0.15 μ m、不純物の表面濃度は1 $\times 10^{20}$ /cm²であり、酸化膜厚は10nmであった。次に、裏面の酸化膜、拡散層を除去した後、板状シリコン結晶の表面の拡散層には、銀粉末、ガラスフリット、セルロース系有機バインダー、有機溶媒を配合成分とする銀ペーストを電極材料とし、板状シリコン結晶の裏面には、銀粉末、アルミ粉末、ガラスフリット、セルロース系有機バインダー、有機溶媒を配合成分とする銀-アルミペーストを電極材料として、スクリーン印刷法を用いてそれぞれの電極パターンを描いた後、600℃で焼成した。その後、常圧CVDにより酸化チタンを55nm堆積させ、反射防止膜層を形成し、図3に示すような構造の太陽電池を作製した。

【0039】この太陽電池にAM1.5、1.00mW/cm²、28℃の条件で光電変換効率を測定したところ、実施例1の板状シリコン結晶を用いて作製した太陽電池では12.5%、実施例2の板状シリコン結晶を用いて作製した太陽電池では14.2%であった。

【0040】なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は、例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものでもあっても本発明の技術的範囲に包含される。

【0041】

【発明の効果】本発明により、高純度、高精度の板状シリコン結晶、特に太陽電池用基板材料として有用な板状シリコン結晶を安定して、かつ低コストで得ることができる。従って、このような板状シリコン結晶から低コストで高効率の太陽電池を作製することが出来るので、太陽電池の普及に寄与できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のシリコン層をゾーン状に溶融する場合の概略の説明図である。

【図 2】本発明の別の実施形態を示したもので、最初に形成する熔融帯の一端にシリコン単結晶を接し、ゾーン状に熔融する場合の概略の断面説明図である。

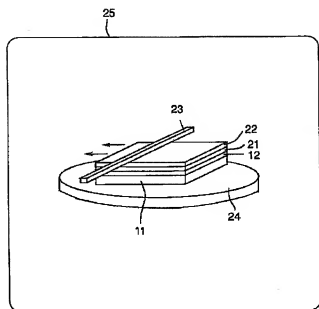
【図 3】本発明の板状シリコン結晶を用いて作製した太陽電池構造の断面説明図である。

【符号の説明】

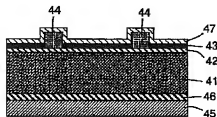
1 1…支持基板、

1 2…低融点金属

【図 1】



【図 3】



層、2 1…シリコン層、2 2…表面保護層、2 3…加熱源（上部ヒータ）、2 4…下部セラミックヒータ、2 5…チャンパー、3 1…シリコン単結晶、4 1…板状シリコン結晶、4 2… n 層、4 3…酸化膜、4 4…表面電極、4 5…裏面電極、4 6… p^+ 層、4 7…反射防止膜。

【図 2】

